

Были подобраны металлы и их сплавы для теплообменника в интервале температур в пределе 100–150 градусов, что показано в таблице 1.

Таблица 1

Металлы и сплавы для теплоёмких элементов регенератора

Металл или сплав	Температура плавления, °С
Висмут 16%, Свинец 36%, Олово 48%	160
Олово 89%, Цинк 11%	198
Олово	231,9
Свинец	327
Силумины	550–560
Магний	650
Алюминий	658
Алюминиево-марганцевый сплав (92–88% Al и 8–12% Mn)	770–830
Латунь марки Л62	905
Латунь марки Л85	1025
Бронзы	1010–1140
Медь	1083

Поскольку с уходящими газами теряется огромное количество тепла, возникает необходимость каким-то образом использовать его полезно. В настоящее время разработаны способы и средства утилизации тепла уходящих газов, что повышает экономичность процесса и коэффициент использования тепла.

Основные недостатки современных регенераторов это – изменение температуры подогрева воздуха и большие размеры насадки. Замена керамической насадки на насадку с плавким ядром (теплообменники, заполненные металлом) позволит намного уменьшить размеры регенераторов, что повлечёт за собой серьёзную экономию средств, а также решит проблему непостоянства температуры в регенераторе между периодами нагрева и охлаждения.

Список использованных источников

1. Тихонов Б.А., Гордон Я.М. Гурашвили В.А., Ярошенко Ю.Г., Раева М.А. Особенности тепловой работы компактных слоевых регенераторов. Известия ВУЗов. Черн. Метал. 1984. №6. – С. 108–110.

УДК 536.4; 66.045.12

Ю. А. Марчкова, П. С. Филиппов, В. А. Микула

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ГАЗООХЛАДИТЕЛЯ ДЛЯ ПГУ С ВГЦ

Аннотация

Были рассмотрены основные концепции охлаждения синтез-газа. Наиболее подробно разобрана концепция конвективного газоохладителя синтез-газа. Проведено моделирование и верификация элемента конвективного газоохладителя в пакете CFD. Рассчитан коэффициент теплоотдачи со стороны синтез-газа.

Ключевые слова: ПГУ–ВГЦ, конвективный газоохладитель, радиационный газоохладитель, газоохладитель со спиральными нагревательными поверхностями, пакет CFD.

Модернизация угольной генерации на основе современных технологий – одна из важнейших задач российской энергетики. Перспективным путём производства энергии на базе угля представляется развитие парогазовых установок на основе внутрицикловой газификации твёрдого топлива (ПГУ-ВГЦ) [1].

Поскольку потребление угля для выработки электроэнергии будет возрастать во всем мире, требуется высокоэффективное и экономичное использование угля. Для повышения эффективности ПГУ-ВГЦ, необходимо использование физической теплоты синтез-газа после газогенератора.

Для использования физической теплоты синтез-газа применяют газоохладитель (ГО) – это теплообменник, в котором горячий синтез-газ отдает свою теплоту воде и пару. На сегодняшний день в российской энергетике ПГУ с ВГЦ не эксплуатируются. В связи с этим нет достаточного опыта конструирования и расчета подобного рода теплообменников. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что выбор принципиальной конструкции ГО и методы его расчета являются актуальными задачами.

По мнению авторов [2], существуют пять наиболее интересных и перспективных концепций охлаждения синтез-газа.

Концепция 1 заключается во введении двухступенчатого охлаждения. Радиационный теплообменник первой ступени охлаждает синтез-газ с 1650°C до 800°C. Окончательное охлаждение до 220°C осуществляется с помощью впрысков воды. Радиационный теплообменник находится между реактором газификатора и промежуточной камерой.

В концепции 2 рассматривается частичное охлаждение синтез-газа впрысками воды непосредственно на выходе из газификатора, за счет чего газ охлаждается до 800°C. Затем газ подается в боковой конвективный теплообменник с последующей сухой очисткой газа (800–500°C), которая оснащена горячими газовыми фильтрами.

Концепция 3 – это сочетание радиационного и конвективного теплообмена. В этом случае синтез-газ не охлаждается впрысками, а охлаждение происходит только в радиационном и конвективном теплообменниках. После охлаждения газ очищается горячими газовыми фильтрами.

Концепция 4 сопоставима с концепцией 1. В ней рассматривается радиационный теплообменник (охлаждение с 1650°C до 800°C) и частичное охлаждение газа впрысками воды до 500°C. Далее газ направляется в систему сухой очистки газов при помощи горячих газовых фильтров.

Последняя концепция 5 основана на частичном охлаждении впрысками воды (1650–800 °C) и боковом конвективном теплообменнике (800–500°C).

По нашему мнению, конвективный ГО является наиболее перспективным. Существует несколько конструкций конвективного ГО:

1) Газотрубная конструкция.

ГО состоит из теплообменных элементов представляющих собой ряд двойных труб (труба в трубе), которые привариваются к овалному сборному каналу с обоих концов, чтобы сформировать регистр ряда двойных труб. Горячий синтез-газ протекает по внутренним трубам и отдает теплоту воде и пару, протекающим через овалы сборные каналы и раздается по кольцевым пространствам между внутренней и наружной трубами [3].

Недостатком такой конструкции является забивание проходных сечений синтез-газа золошлаковыми частицами.

2) Водотрубная конструкция с прямыми трубами.

Теплообменными элементами являются прямые двойные трубы (труба в трубе). Сверху наружная труба закреплена на нижней трубной доске, а нижний торец заглушен. Внутренняя труба сверху прикреплена к верхней трубной доске, а нижний конец трубы открыт. Пар проходит вниз, затем поступает во внутреннюю трубу, проходит по ней и собирается в паросборной камере. Синтез-газ снаружи омывает пакет трубных теплообменных элементов. Зигзагообразное движение внутри корпуса ГО организуется за счет перегородок. Благодаря перегородкам организуется поперечное омывание труб и сбор жидких фракций, конденсирующихся из синтез-газа [3].

Недостатком такой конструкции является то, что трубная доска рассчитана на применение в области давления не более 10 бар.

3) Водотрубная конструкция ГО со спиральными трубами.

Теплообменные элементы представляют собой вертикальные спиральные трубы, по которым течет пар и вода. Теплообменник набирается из вертикальных спиралевидных элементов разного диаметра, расположенных один внутри другого. Синтез-газ течет по кольцевым каналам, образованным в радиальном направлении между спиралями.

Данная конструкция может использоваться для давлений более 10 бар.

По мнению авторов [4], наиболее перспективной является конструкция ГО, изображенная на рисунке 1.



Рис. 1. Конструкция теплообменных элементов ГО

Для моделирования конструкции ГО авторы выбрали пакет CFD. В целях упрощения расчет ведется не в кольцевом, а в плоском зазоре (рис. 2).

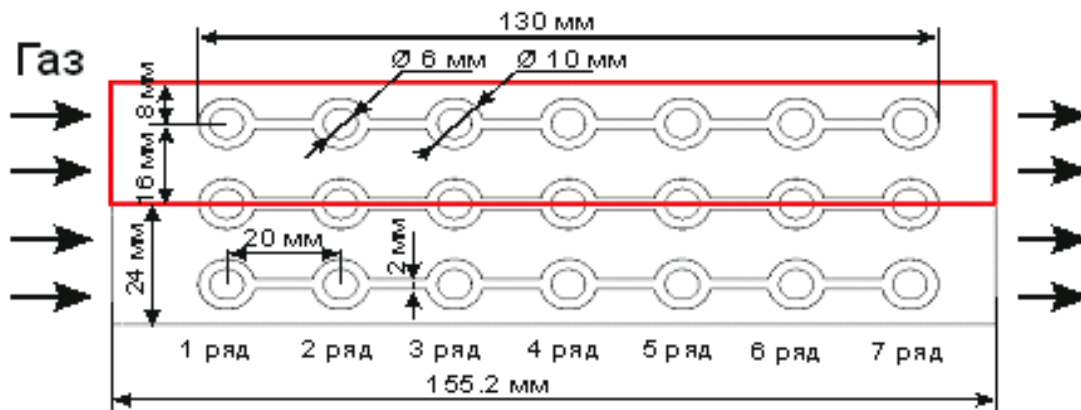


Рис. 2. Модель теплообменного элемента в пакете CFD

Для расчета в пакете CFD используется модель SST, которая состоит из 3 объектов: паровая среда, металлический цилиндр, синтез-газ. Сетка состоит из 4571224 ячеек. Результаты расчетов представлены на рисунке 3 и внесены в таблицу 1.

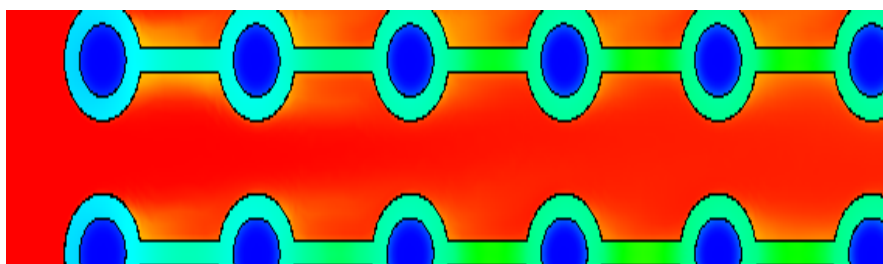


Рис. 3. Температурное поле расчетной модели

Результаты проведенных расчетов в пакете CFD

Параметры	Размерность	Величина
Температура синтез-газа на входе	К	1373
Температура синтез-газа на выходе	К	1315
Температура пара на входе	К	601
Средняя температура пара на выходе	К	631
Количество тепла	Вт	21244

По результатам моделирования рассчитан коэффициент теплоотдачи со стороны синтез-газа $984 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, который сходится с экспериментальными данными полученными в [4].

Полученные результаты далее планируется использовать для расчетов конвективного газоохладителя ПГУ-ВГЦ мощностью 500МВт.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).

Список использованных источников

1. Гибридные ПГУ на твердом топливе / Т.Ф. Богатова, А.Ф. Рыжков, Н.В. Вальцев, П.В. Осипов, С.И. Гордеев // Энергетик. 2014. №12. С. 12-16.
2. Development and engineering of a synthetic gas cooler concept integrated in a Siemens gasifier design K. Uebel, U. Guenther, F. Hannemann, U. Schiffers, H. Yilmaz, B. Meyer. K. Uebel et al. / Fuel 116 (2014) 879–888.
3. Cooler Systems for Gasification Plants 07/2015, SCHMIDTSCH SCHACK
4. Convective heat transfer characteristics of high-pressure gas in heat exchanger with membrane helical coils and membrane serpentine tubes / Zhen Yang, Zhenxing Zhao, Yinhe Liu, Yongqiang Chang, Zidong Cao. Experimental Thermal and Fluid Science 35 (2011) 1427–1434.

УДК 669-9

В. И. Матюхин, В. А. Дудко

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПНЕВМОТРАНСПОРТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Аннотация

В данной статье рассмотрены недостатки системы пневмотранспорта мелкодисперсных углеродсодержащих материалов в рабочее пространство дуговой электропечи, а именно неравномерность подачи углеродистых материалов в технологический объект, вследствие расслоения движущихся материалов с концентрацией частиц ближе к нижней образующей трубопровода. Также в качестве устранения данного недостатка представлена технология - формирование модуляционного газового потока путем наложения в поперечном направлении на основной поток компрессорного воздуха акустического поля заданных параметров. Рассмотрена схема оборудования для создания модуляционного потока пневмотранспорта, а также результаты ее испытаний применительно к технологическому объекту. Использование энергии акустического поля при работе пневмотранспорта со-